

Mechanisms of surface perception uncovered by visual illusions

Citation for published version (APA):

Jans, B. (2011). *Mechanisms of surface perception uncovered by visual illusions*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20111104bj>

Document status and date:

Published: 01/01/2011

DOI:

[10.26481/dis.20111104bj](https://doi.org/10.26481/dis.20111104bj)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

7 Samenvatting

Een groot deel van de is energie beschikbaar voor visuele verwerking in het brein wordt gewijd aan de reconstructie van de grenzen tussen vlakken gebaseerd op fragmentarische invoer afkomstig uit de retina. De processen onderliggend aan de reconstructie van deze grenzen zijn uitvoerig bestudeerd, er heerst een consensus dat neurale interpolatie processen bijdragen aan het reconstructie proces. Desalniettemin is het signaal afkomstig vanuit een homogeen vlak klein, en stellen computationele modellen en empirische studies in vraag wat de relevantie van dit kleine signaal met betrekking tot de subjectieve perceptie van vlakken is. De in deze thesis beschreven studies hebben als doel inzicht te scheppen in het debat over het al dan niet bestaan van een signaal in de retinotopische representatie van een vlak dat gelieerd is aan de perceptie van dat vlak. We hebben deze vraag onderzocht in twee psychofysische paradigma's waarin de perceptie van vlakken werd gemanipuleerd in afwezigheid van fysische veranderingen. We gebruiken fMRI beeldvorming om in deze paradigma's activiteit te meten in de visuele cortex.

Een noodzaak om een antwoord op de hoofdvraagstelling te kunnen formuleren was de ontwikkeling van een methode voor het efficiënt uitlijnen van functionele beeldvormingsdata. Het doel van deze methode is het signaalverlies ten gevolge van individuele verschillen te minimaliseren wanneer proefpersoongegevens gecombineerd worden door middel van middeling. Deze methodologische ontwikkeling is hoogstnodig in het licht van de hypothese dat de magnitude van het signaal afkomstig van vlakken klein is. Het gebruik van de traditionele uitlijn methoden resulteert veelal in de imperfecte uitlijning van spatiële locaties, afkomstig van meerdere proefpersonen, waaruit de kleine signalen ontstaan en leidt tot algeheel signaalverlies in gemiddelde activatieoverzichten. In sterk contrast hiertoe staat dat de ontwikkelde patroon gebaseerde uitlijn methode (PGU) ertoe in staat is om fjnscalige activiteitspatronen te ontdekken in gemiddelde proefpersoongegevens. In de empirische studies hier gepresenteerd wordt het uitlijningsprobleem opgelost door het vervormen van de bestudeerde regio's in het brein naar een gemeenschappelijk referentie sjabloon. De PGU techniek is algemeen toepasbaar wanneer de mogelijkheid bestaat om corresponderende referentiepunten of andere oriëntatiepunten tussen hersenenregio's in proefpersonen te definiëren om het uitlijnproces te begeleiden en om een gemeenschappelijk referentie sjabloon te vormen. PGU belooft zelfs meer relevant te worden door de opkomst van ultra hoge veld fMRI. Ultra hoge veld fMRI is reeds in staat om functionele activiteitsoverzichten op te leveren van een ongemeen hoge spatiële resolutie die door middel van PGU uitgelijnd kan worden waardoor data overheen subjecten gemiddeld kan worden zonder noemenswaardig signaalverlies.

Het eerste paradigma dat gebruikt werd om de correlaten van vlak perceptie te bestuderen was een dynamische helderheids inductie paradigma. Met dit paradigma kon een illusoir helderheids effect geïnduceerd worden in een statisch grijs vlak dat in tegenfase is met de luminantiemodulaties in twee aangrenzende inducerende vlakken. Het grijze vlak en de inducerende vlakken werden retinotopisch gelocaliseerd door onafhankelijke localisatie stimuli. De hieruit resulterende lokale activatiepieken werden gebruikt als corresponderende referentiepunten ten behoeve van de PGU van activiteitspatronen in V1 tot V3. Door middel van PGU werd een signaal geïdentificeerd dat zich in tegenfase verhield in vergelijking met het signaal ten gevolge van de luminantiemodulaties in de inducerende vlakken. Het tegenfase signaal is hoogstwaarschijnlijk een correlaat van helderheidsinductie want de magnitude van het signaal covarieerde met de door proefpersonen ingeschatte sterkte van het illusoire helderheids effect doorheen een reeks van experimentele en controle experimenten. Het illusoire helderheids effect was meest prominent aanwezig in V2, zwakker in V3 maar afwezig in V1.

Gebaseerd op de observatie van een correlaat van helderheidsinductie werd een biologisch geïnspireerd neurale netwerk gebouwd. In dit netwerk werden de elementaire eenheden aan corticale kolommen gelijkgesteld. Een matrix van kolommen werd zo geconstrueerd dat deze een deel van het visuele veld vertegenwoordigde, deze kolommen werden onderling verbonden aan de hand van biologisch plausible regels. Door het samenvoegen van netwerkeenheden en door het toepassen van een hemodynamische filter op de signaal van de samengevoegde netwerkeenheden kon het netwerksignaal naar een fMRI signaal geconverteerd worden. Door het projecteren van de door het netwerk gegenereerde data naar hetzelfde breingebaseerd gemeenschappelijk referentiekader als de empirische

data kon op beide datasets een gelijke analysemethode gebruikt worden. Het netwerk model veronderstelt dat een signaal gerelateerd aan de luminantie van het statische vlak gemoduleerd wordt door de dynamische veranderingen van het locale contrast aan de grenzen tussen het statische vlak en de inducerende vlakken. Het neurale netwerk is gebouwd op principes ingegeven door de interpolatietheorie van vlakken, hoewel sommige van onze assumpties verschillen van de inzichten vervat in klassieke interpolatie modellen. Ofschoon een goede overeenkomst tussen model data en empirische data werd vastgesteld is het mogelijk om additionele of compleet nieuwe voorwaarden in het model te bouwen die tot een verbeterde overeenkomst kunnen leiden. Dus de modelleeraanpak opent de mogelijkheid om op een simpele manier directe vergelijkingen te maken tussen empirische data en modeldata gebaseerd op verschillende assumpties. Hoe hoger de overeenkomst tussen modeldata en empirische data, hoe hoger de plausibiliteit van het mechanisme vervat in het model. Desalniettemin kan modeldata afkomstig van een relatief simpel neurale netwerk model met daarin vervat grensrepresentaties die interacteren met vlakspreidingsmechanismen de empirische data dichtbij benaderen.

Het tweede paradigma dat gebruikt werd om de correlaten van vlak perceptie te bestuderen was een Troxlervervalsings paradigma. In dit paradigma wordt een stimulus gebruikt die is opgebouwd uit een figuur dat omringd is door dynamische textuur. Doordat een persoon zijn blik fixeert op een punt, wordt een perifere figuur gestabiliseerd op de retina wat ertoe leidt dat de figuur uit het bewustzijn van de persoon verdwijnt en dat de figuur ingevuld wordt door de dynamische textuur. Deze illusie die perceptuele invulling genoemd wordt werd gebruikt om de mechanismen onderliggend aan de representatie van textuurvlakken ten gronde te onderzoeken. Meer bepaald was de vraagstelling of de activiteit tijdens invulling van een grijze figuur zou overeenkomen met de activatie door textuur in de retinotopische representatie van deze figuur. Deelnemers in dit experiment ondergingen fMRI beeldvorming. Hun instructie was om hun blik op een centraal gepresenteerd fixatiepunt te fixeren terwijl een stimulus die perceptuele invulling toelaat aan hen werd gepresenteerd. In een controle-experiment werd hen gevraagd te fixeren terwijl een stimulus die perceptuele invulling tegenging gepresenteerd werd. Om een retinotopisch correlaat van het perceptuele invullings percept vast te stellen werd een vergelijking gemaakt van de activiteit in de figuur regio in het brein tussen de conditie die filling-in toeliet en de conditie die filling-in tegenging. PGU werd toegepast op deze data zodat activiteits profielen van V1 en V2 geaggregeerd konden worden over hersenhemisferen en proefpersonen. Door de vergelijking van de signalen in de conditie die filling-in faciliteerde en de conditie die filling-in tegenging vonden wij een signaal in het centrum van de corticale figuurrepresentatie in V2 dat aan perceptuele invulling geattributioneerd kan worden. Van deze plaats specifieke activiteitsstijging in reactie op de textuur filling-in conditie wordt aangenomen dat deze een gevolg is van het textuurpercept in de figuur regio zonder dat er daar fysieke textuur aanwezig is. Het signaal in V2 was sterk gecorreleerd met de sterkte van het illusoire percept als aangegeven door de proefpersonen tijdens de fMRI beeldvorming. Dit signaal was niet aanwezig in V1.

Samenvattend wordt gesuggereerd dat ingegeven door bewijslast afkomstig van fMRI in twee verschillende paradigmas, een signaal afkomstig uit V2 gerelateerd is aan de subjectieve waarneming van vlakken. Het hier verzamelde bewijsmateriaal komt sterk overeen met bevindingen afkomstig van cel afleidingen en optische beeldvormingsexperimenten uitgevoerd in katten en primaten. De gepresenteerde fMRI experimenten verschillen van eerder gepubliceerde fMRI studies wat betreft de gebruikte stimuli, het experimentele ontwerp en door de PGU techniek. Enkele, of al deze verschillen kunnen de positieve bevindingen die gerapporteerd worden in deze thesis verklaren wanneer een vergelijking gemaakt wordt met de tegengestelde en nul-bevindingen in andere experimenten. Dus deze leveren sterke ondersteuning aan de theorie dat zowel vlakhelderheid en vlaktextuur expliciet geëncodeerd worden in V2. Interessant is dat deze bevinding niet opgaat voor V1, dit suggereert een hiërarchische verwerkingsproces waarin V2 verantwoordelijk is voor computaties met betrekking tot de perceptuele aspecten van vlakken die de rol van V1 overstijgen. Op grond van deze data kunnen 'symbolische' modellen die een expliciete topografische codering verwerpen afgewezen worden, de gevonden data zijn echter wel compatibel met vlak interpolatie modellen en eerder welke klasse van modellen die poneert dat het perceptuele aspect van vlakken expliciet gecodeerd wordt. Om te

7 Samenvatting

discrimineren tussen de resterende computationele modellen is verder onderzoek noodzakelijk.